

氏 名	鈴木 徹 すずき とおる
学位の種類	理学博士
学位記番号	理博第 443 号
学位授与の日付	昭和 52 年 3 月 23 日
学位授与の要件	学位規則第 5 条第 1 項該当
研究科・専攻	理学研究科物理学第二専攻
学位論文題目	原子核における Pairing 自由度と Intrinsic 自由度 ——モード結合の観点による取扱い——

論文調査委員 (主査) 教授 玉垣良三 教授 小林晨作 教授 町田 茂

論文内容の要旨

原子番号 Z が $28 \leq Z \leq 82$ の領域にある原子核に関するここ 10 年来の研究の進展によって、以前にとられてきた閉殻近傍の球形振動領域と閉殻から離れた変形・回転領域という中重核に対する単純な見方から、両者をつなぐ広い遷移領域の存在とそこでの多様な構造変化の発現という描像に移ってきた。

遷移領域核の集団励起状態を記述しようとする場合、角運動量 $J=0$ に組む準粒子対自由度を除くことの重要性が指摘されてきた。これが行われた場合、系は seniority 量子数を運ぶ運動モードにより記述され、この運動の自由度は intrinsic (内部) 自由度に対応する。一方、ある特殊な殻軌道構造の下では、対振動モードが集団的励起に大きい影響を与えることが知られている。従って、系の励起を intrinsic 自由度と pairing 自由度の各々を特徴づける励起から構成するモード結合の観点による取扱いが有効である。

両者の自由度を一意的に分離するには、補助変数を用いた正準変換の方法があるが、これは次の点で不十分であった。(i) 内部運動の記述に際し seniority 射影が必要である。(ii) pairing 自由度を記述する座標の次数に関する展開形で分離がなされモード結合の強い場合に良くない。この点を克服するため、申請論文は、pairing 自由度とそれに直交する intrinsic 自由度を一意的に分離する方法を定式化し、任意の核子系の演算子に対する自由度分離の表現を与えることによって、モード結合を記述する枠組を与えたものである。

自由度の分離表現は、まず 1 核子生成・消滅演算子に対して次のように与えられる。演算子に含まれる pairing 自由度の効果は、準スピン形式を利用することにより Clebsch-Gordan 係数の比として取り出され、更にボソン演算子で表現される。他方、残りの intrinsic 自由度は、理想準粒子の演算子により表現される。このようにして、1 核子演算子に対する (展開形でない) 閉じた形の分離表現が与えられる。

次に、intrinsic 自由度を記述する理想準粒子の満たす代数的関係が調べられる。生成 (消滅) 演算子同士は反交換関係となるが、生成と消滅の演算子間には通常のものとは異なり附加項がつく。後者の性質は、

理想準粒子が seniority 量子数を正確に運ぶことに対応する。実際に、理想準粒子の個数が seniority 数に一致すること、理想準粒子が $J=0$ 対を作らないこと、理想準粒子から構成された状態は核子系の状態に seniority 射影を施したものに一致すること、が示される。

Pairing ボソンと理想準粒子が示す代数的関係を用いて核子系の運動を全て表現でき、また任意の核子系の分離表現も 1 核子演算子の表現から直接に求められる。特に、準スピン演算子の表現は Holstein-Primakoff 型になる。

従来の中重核の理論形式においては、核子対相関の主要部分を対角化するためにボゴリューボフ変換を用いて準粒子表示に移る。このボゴリューボフ準粒子は、フェルミオンの反交換関係をみたすが、pair 場のゆらぎの自由度を含むため、近似的にしか seniority 量子数を運ばない。ボゴリューボフ変換が準スピン空間内での固定された角度の回転であるのに対し、理想準粒子を用いた分離表現ではこの角度が量子化され自由に動きうる。これらの比較を通じて、超伝導の状態への移行及び pair 場のゆらぎの導入の方法が示される。

このような演算子の分離表現によって、モード結合の立場より系のダイナミックスを扱う方法が示される。具体的には、相互作用として (pairing+quadrupole) 模型をとり、ハミルトニアンに対する分離表現を示し、更に超伝導の状態への移行によって、通常のギャップ方程式及び対振動モードが得られることが示される。こうして、intrinsic 励起モードと対振動モードとの結合を記述するハミルトニアンが求められ、モード結合の理論的枠組が与えられる。

要約すれば、ボゴリューボフ変換の利点を失なわないよう修正を最小限に行い、モードの分離を正しく行う理論の定式化を示すことによって、遷移領域の多様な構造変化の励起機構を分析する理論的枠組を与えたものと言える。

参考論文 1 と 4 は、集団運動と内部自由度の分離と両励起モードの結合についての研究で、申請論文の先駆をなす内容である。参考論文 2 と 3 は、球形奇核の低励起状態を扱ったもので、前者は (フォノン+準粒子) による描像の有効性と限界を検討したものであり、後者は相互作用についての検討を行ったものである。

論文審査の結果の要旨

中重核 ($28 \leq Z \leq 82$) における原子核の励起モードは、原子核の形状とりわけ 2 次変形に対応した振動モードと回転モード、対相関によって起る超伝導的状态と対振動モード、更に奇質量数核での異常結合状態に見られるような集団性の強いモード等、多様である。高い励起状態や安定核から離れた原子核に関する最近の実験的研究の進展によって、これらの励起モードが単純に夫々が現われるというよりは、多くの場合互に結合しながら多様な励起状態の系列として発現することが明らかになりつつある。いわば、構造変化をみせる広い遷移領域の存在というのが、中重核の大きな特徴といえる。このような励起モードを理論的に扱うには、運動の記述のもとになる自由度を分離し、それぞれのモードを結合させるという枠組が望まれる。申請論文は、このような要請に応える目的をもってなされた理論的研究である。

申請論文では、pairing 自由度と intrinsic 自由度を分離する問題を取り上げ、従来の補助変数を用い

た正準変換の方法の困難を克服するため、1核子演算子について展開形でない閉じた形の分離表現を見出し、これを基礎に任意の核子系の演算子の分離表現をうる方法を示している。この場合、pairing 自由度を分離した残りの正確に seniority を運ぶ理想準粒子の交換関係は、通常のフェルミオン交換関係に附加項がつく形となる。通常のパゴリューボフ変換は、理想準粒子への変換で、準スピン空間での回転角を固定した場合に当ることが示される。その他、従来の理論形式との対応が明らかにされている。

このように、本論文は、パゴリューボフ変換をその利点を損うことなく最小限の修正によって、中重核の励起をモード結合の立場で扱いうる理論的枠組を与えたもので、高い水準の理論的成果であると言えることが出来る。この理論的枠組を基礎に中重核の多様な励起モードの分析が可能になった意味で、今後の理論展開の将来性があることから意義は大きい。参考論文は、申請論文と深い関連がある中重核の励起モードに関する論文で、申請論文の先駆をなしたものと及びその背景となったものである。申請論文と合わせて、申請者のすぐれた研究能力と学識を示している。

本申請論文は、原子核の構造論の研究の進展に寄与するところが大きい。

よって、本論文は理学博士の学位論文として価値あるものと認める。